

Coévolution phage-bactérie

Diapositive 1

La coévolution est le processus d'adaptations réciproques et de contre-adaptations entre les espèces qui interagissent écologiquement. Dans le cas des interactions bactéries-phages, la coévolution est souvent considérée comme une « course à l'armement » dans laquelle les bactéries développent des mécanismes de défense afin de résister à l'infection par le phage et le phage évoluera pour surmonter les mécanismes de résistance bactérienne afin de réussir l'infection. Les systèmes de défense bactérienne contre l'infection par un phage visent différentes phases du cycle d'infection du phage : la fixation du phage à la surface cellulaire, l'injection de son ADN et la réplication du phage.

Diapositive 2

Pour initier une infection, les phages doivent parvenir à s'attacher à leur hôte en reconnaissant des récepteurs spécifiques présents à la surface de la cellule, ce processus s'appelle l'adsorption. Les récepteurs bactériens sont un groupe de molécules biochimiquement diversifiées comprenant des protéines, des polysaccharides et des lipopolysaccharides qui sont efficacement reconnus par les protéines de liaison au récepteur du phage (RBP). Afin d'éviter l'adsorption du phage, les bactéries ont développé une série de mécanismes qui empêchent la reconnaissance des récepteurs cellulaires par les RBP. L'un de ces mécanismes comprend la modification ou l'élimination du récepteur cellulaire afin qu'il ne soit plus reconnu par les RBP. Pour infecter cet hôte possédant un récepteur modifié, les phages peuvent également modifier leurs propres RBP ou d'autres protéines impliquées dans la fixation (comme les protéines de la queue) afin de reconnaître un nouveau récepteur. Un deuxième mécanisme pour empêcher l'adsorption est la réduction de l'accessibilité du récepteur aux RBP par la production d'une capsule ou d'autres exopolysaccharides (EPS). Afin d'accéder aux récepteurs, certains phages ont acquis des enzymes spécifiques qui dégradent la matrice extracellulaire et exposent les récepteurs cellulaires aux RBP.

Diapositive 3

Dans le cas où l'adsorption du phage est un succès, les bactéries peuvent utiliser des systèmes de modification et de restriction (R-M) comme deuxième ligne de défense. Les systèmes R-M sont généralement composés de deux enzymes, une endonucléase de restriction qui reconnaît des séquences d'ADN spécifiques et cible le génome du phage lors de l'injection et une ADN-méthyltransférase qui méthyle l'ADN hôte et le protège de l'endonucléase de restriction. Afin de surmonter les systèmes R-M, les phages ont développé une série de stratégies qui peuvent être classées en stratégies passives et actives. Dans les stratégies passives, aucun facteur supplémentaire à ceux présents dans le phage n'est requis. Ces stratégies comprennent l'élimination ou la réduction des sites cibles des enzymes de restriction, des modifications de la topologie de l'ADN qui affectent la reconnaissance des cibles par les endonucléases de restriction et l'incorporation de bases modifiées comme l'hydroxyméthyl cytosine au lieu de la cytosine ou de l'ADN glycosylé.

Diapositive 4

Dans les stratégies actives, un facteur supplémentaire protège l'ADN des endonucléases de restriction. Ces facteurs peuvent déjà être présents dans les bactéries, comme l'utilisation de la méthyltransférase hôte pour protéger le génome du phage injecté ou ils peuvent être codés par le phage. Les facteurs codés par le phage sont variables et agissent de différentes façons. Les phages peuvent coder leurs propres méthyltransférases qui protègent les sites du génome du phage des endonucléases de restriction de l'hôte. En outre, certains phages peuvent co-injecter des protéines,

comme DarA et DarB du phage P1, qui lient l'ADN et masquent les sites cible de restriction ou, comme dans le cas du peptide OCR du phage T7 d'*E. coli*, les protéines co-injectées imitent la cible de l'endonucléase de restriction et séquestrent cette endonucléase.

Enfin, de nombreuses bactéries ne peuvent pas prévenir l'infection par le phage mais peuvent protéger les cellules adjacentes en induisant la mort cellulaire avant la réplication du phage. Cependant, de nombreux phages ont trouvé une façon d'empêcher la mort cellulaire et de permettre la réplication efficace des phages.

Diapositive 5

Ce développement continu d'adaptations et de contre-adaptations inclut des mécanismes génétiques tels que des mutations ponctuelles au sein de gènes spécifiques, des réarrangements génomiques et un échange génomique avec d'autres génomes viraux ou microbiens afin d'acquérir de nouvelles caractéristiques. Ces événements influencent directement la diversité des bactéries et des populations de phages jouant un rôle important dans l'écologie microbienne et les processus évolutifs.